

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-267096

(P2001-267096A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 5 G 2/00		G 2 1 K 1/00	X 4 C 0 9 2
G 2 1 K 1/00		1/06	B
1/06			K
			M
		5/02	X
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-84941(P2000-84941)

(22) 出願日 平成12年3月24日(2000.3.24)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 近藤 洋行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 4C092 AA06 AA14 AB19 AC08 BE02

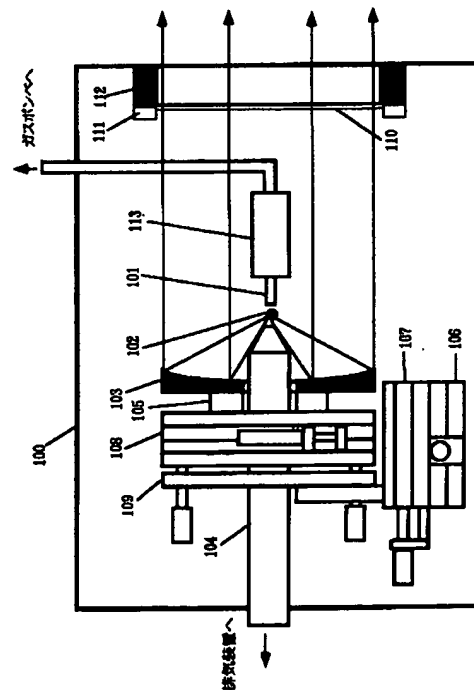
CC03 CE18 CF42

(54) 【発明の名称】 X線発生装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザープラズマを用いたX線光源や放電プラズマを用いたX線光源では標的材料や装置の一部の破片が後段の光学素子の表面に付着して光学特性を劣化させる。特に、X線縮小露光系の光源として用いる場合、フライアイに入射する光量分布が光軸に対して対称である必要があるが、上述の劣化が軸対称でなくなる。本発明は、飛散粒子による光学素子の劣化を光軸に対称にすることを目的とする。

【解決手段】 飛散粒子を受ける光学素子を光軸を中心として回転させるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】パルスレーザー光を減圧された容器中の標的材料に集光することにより該標的材料をプラズマ化し、該プラズマより輻射されるX線を利用するX線発生装置（以下では、レーザープラズマX線源、LPXと呼ぶ）あるいは放電により標的材料をプラズマ化し該プラズマより輻射されるX線を利用するX線発生装置（以下では、放電プラズマX線源と呼ぶ）に於いて、該プラズマから輻射されたX線が最初に入射する光学素子または該プラズマを含む真空容器内に置かれている光学素子が該光学素子の回転対称軸あるいはX線の光軸を中心に回転する機構を具備していることを特徴とするX線発生装置。

【請求項2】請求項1記載のX線発生装置において、前記光学素子の位置を検出する検出手段を有し、該検出器からの信号をもとに前記光学素子が常に所定の位置になるようにする制御手段及び駆動機構を有することを特徴とするX線発生装置。

【請求項3】請求項1及び2記載のX線発生装置において、前記プラズマからのX線が最初に入射する前記光学素子が球面、回転放物面または回転楕円面または回転対称非球面あるいはこれらの複合面からなる多層膜ミラーあるいは斜入射ミラーであることを特徴とするX線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線顕微鏡、X線分析装置、X線露光装置などのX線機器のX線源として用いて好適なX線発生装置に関するものである。

【0002】

【従来技術】パルスレーザー光を真空容器内に置かれた標的材料上に集光し、標的材料をプラズマ化して、このプラズマから輻射されるX線を利用するレーザープラズマX線源（以下ではLPXと呼ぶ）は小型でありながら、アンジュレーターに匹敵するほどの輝度を持つ。また、Dense Plasma Focus (PDF)などの放電プラズマを用いたX線源は小型であり、X線量が多く、LPXに比べて投入電力に対するX線への変換効率が高く、また、低コストである。このため、LPXや放電プラズマX線源はX線分析装置、X線露光装置などのX線機器の光源として近年注目を集めている。

【0003】LPXや放電プラズマX線源ではプラズマやプラズマ近傍から標的材料が、またプラズマ近傍の部材が、原子やイオン状あるいは破片（以下ではこれらを飛散粒子という）となって周囲に放出される。これら飛散粒子はプラズマの周囲に置かれたX線光学素子上に付着・堆積し、光学素子の性能（反射率や透過率など）を劣化させたり、光学素子に衝突することにより光学素子に損傷を与えたりする。このため、LPXやプラズマX線源を実用化するための課題の一つが飛散粒子量を如何に

低減するかということである。

【0004】飛散粒子の問題を低減するため、LPXでは標的材料として常温で気体である物質を用い（例えば窒素、二酸化炭素、クリプトン、キセノンなど）、ノズルから噴出させてこれらの標的材料のガスあるいは断熱膨張により生成されたクラスターにレーザー光を照射する方法が用いられている。これらの標的材料は常温で気体であるから、光学素子上に堆積することがないので、光学素子の性能を劣化させることはない。ところが、プラズマから放出された高速の原子、イオンあるいは電子がノズルやノズル近傍の部材に衝突してこれらを削り取り、削り取られた破片が周囲に飛散し光学素子上に堆積する。このため、完全に飛散粒子がゼロのLPXはまだ実現されていない。

【0005】一方、放電プラズマX線源では飛散粒子量を低減するため、電極材料をタングステンやタンタルのような高融点、高硬度の材料で形成したり、動作電圧を低下させるなどの工夫を行っているが、飛散粒子量を完全にゼロにするには至っていない。

【0006】また、飛散粒子は等方的に放出されるわけではなく、ある角度分布をもって放出される。例えばガスジェットを用いたLPXではガスの噴出方向で飛散粒子量は少なく、噴出軸からの角度が大きくなるにつれて飛散粒子量は多くなっていく。

【0007】X線縮小露光装置の照明光学系としてマスク上でのX線強度分布が一定となるように図7(a)に示した円弧状の要素ミラーを集めたフライアイミラーを用いた照明光学系が提案されている（図7(b)）（特開平11-312638）。この様なフライアイミラーを用いる場合、入射X線がフライアイミラーの中心軸に対して軸対称なX線強度を持っている場合には、各要素ミラーからの反射光が互いに補いあい、マスク上での強度分布は一定となる。しかし、入射X線がフライアイミラーの中心軸に対して非対称の場合には強度ムラを補完できず、マスク上での強度分布は不均一となる。

【0008】ガスジェットLPXから輻射されるX線の角度分布は一般にガス噴出軸に対しておおよそ回転対称となるので、ガス噴出軸を回転軸とする回転放物面を、ガス噴出軸上に配置すると、回転放物面ミラーを反射したX線は回転軸（ガス噴出軸）に関してほぼ対称な強度分布を持った平行ビームになり、前述の照明光学系に適したX線束を形成することができる。しかし、飛散粒子放出の角度分布は、生成されるプラズマとノズル（ガスジェットLPXの場合）や電極（放電プラズマX線源の場合）の位置により必ずしも対称な角度分布に成るとは限らない。従って、長時間X線源を動作させると、飛散粒子が光学素子の回転軸に対して非対称に堆積することにより、運転開始時には回転対称だったX線強度分布が非対称な分布に変化してしまう。このため、長時間運転後にはマスク上を照明するX線の分布にムラが生じてしま

い、ウェハー上にマスクパターンを正確に転写できなくなってしまう。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこの様な従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、光学素子をX線光軸を中心に回転させる機構を具備することにより、飛散粒子放出の角度分布が非対称なX線源を使用した場合に於いても、光学素子上の飛散粒子の付着量が回転対称になるようになり、反射または透過X線束の強度分布の回転対称性を保つことができる。その結果、長時間運転した後も、マスク上のX線強度分布は様のままであり、正確にパターンをウェハー上に転写することができる。

【0010】

【課題を解決するための手段】そのため、本発明は第一に「パルスレーザー光を減圧された容器中の標的材料に集光することにより、該標的材料をプラズマ化し、該プラズマより輻射されるX線を利用するX線発生装置（以下では、レーザープラズマX線源、LPXと呼ぶ）あるいは放電により標的材料をプラズマ化し該プラズマより輻射されるX線を利用するX線発生装置（以下では、放電プラズマX線源と呼ぶ）に於いて、該プラズマから輻射されたX線が最初に入射する光学素子または該プラズマを含む真空容器内に置かれている光学素子が、該光学素子の回転対称軸あるいはX線の光軸を中心に回転する機構を具備していることを特徴とするX線発生装置（請求項1）」を提供する。このようにすることにより、たとえ飛散粒子放出角度分布が非対称であったとしても、光学素子上の飛散粒子の付着量の分布は軸対象となるので、反射、透過あるいは回折されるX線束の強度分布は軸対象となる。

【0011】また、本発明は第二に「請求項1記載のX線発生装置において、前記光学素子の位置を検出する検出手段を有し、該検出器からの信号をもとに前記光学素子が常に所定の位置になるようにする制御手段及び駆動機構を有することを特徴とするX線発生装置（請求項2）」を提供する。このようにすることにより光学素子の回転中に生じるX線束の光軸のぶれを許容範囲内に納めることができる。

【0012】また、本発明は第三に「請求項1及び2記載のX線発生装置において、前記プラズマからのX線が最初に入射する前記光学素子が球面、回転放物面または回転楕円面または回転対称非球面あるいはこれらの複合面からなる多層膜ミラーあるいは斜入射ミラーであることを特徴とするX線発生装置（請求項3）」を提供する。球面ミラー、回転放物面ミラー、回転楕円ミラーなどの光学素子を用いることにより、効率的にX線を収集し、後段の光学系へ導くことができる。

【0013】

【発明の実施の態様】パルスレーザー光を減圧された容

器中の標的材料に集光することにより、該標的物質をプラズマ化し、該プラズマより輻射されるX線あるいは放電により標的材料をプラズマ化し該プラズマより輻射されるX線を利用する本発明（請求項1～3）にかかるX線発生装置では、該X線源から輻射されたX線を収集し、後段の光学系へ導くためのX線光学素子を使用している。

【0014】発明の形態を図6を用いて具体的に説明する。図6ではX線源としてLPXを用いており、ガス状の標的材料はノズル600から超音速で噴出されており、噴出されたターゲットガスにレーザー光602が照射されプラズマ603を生成しX線を発生させている。発生したX線は水平面内（レーザー入射面に平行な面内）ではほぼ均一な強度分布となる。そこで、プラズマ生成位置に焦点を持つ回転放物面ミラー604を図のように配置し、プラズマから放出されたX線を反射し、軸対称な強度分布を持つ平行光束611として次段の光学系へ導いている。回転放物面ミラー604には所定の波長のX線を反射するように多層膜が製膜されており、ミラー上の各点において反射率が最大になるように多層膜の周期長が変えられている。この回転放物面ミラーの回転対称軸はプラズマの位置を通過するように配置されており、ミラーの回転軸とX線の光軸（X線源の対称軸）とは同一である。この放物面ミラーは自身の回転対称軸の周りに回転できるように駆動装置605が取り付けられている。さらにこの駆動装置605は互いに直交するゴニオステージ606、607と互いに直交する直線ステージ608、609、610上に取り付けられている。（駆動装置の一例）。回転放物面ミラー604の側面及び裏面の互いに直交する方向には接触式の変位センサー612、613が取り付けられている。

（もう一つの方向は紙面に垂直方向なので図示していない。位置検出装置の一例。） 回転放物面ミラー604の側面及び裏面は回転放物面ミラーの回転対称軸に対して、高い精度で平行及び垂直がでている。各変位センサーの出力はコンピューター（不図示、制御装置の一例）に入力されている。回転放物面ミラー604を回転中に回転軸がぶれると変位センサーがミラーの位置のずれを検出し、ずれ量が許容範囲を超えていたとコンピューターが判断した場合にはゴニオステージまたは／及び直線ステージを駆動してミラー位置が許容範囲に収まるようにする。この様に、ミラーの位置検出と制御機構及び駆動機構を備えることにより、ミラーを回転させても常にミラーを反射したX線光軸の変位は許容範囲内に収まり、後段の光学系に影響を与えることはない。もし、ミラー回転機構の精度が高くその軸ぶれが光学系に許容される光束の角度広がり内に収まっているならば上述のミラー位置検出機構、制御機構、及び駆動機構はなくとも良い。以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

【0015】

【実施例】第1図に本発明の実施例を示す。本実施例ではレーザープラズマX線源を用いている。容器100内は真空排気装置（不図示）により、排気されレーザー光が途中で気中放電したり、プラズマから輻射されたX線が吸収されて著しく減衰してしまわない様な圧力にまで減圧されている。本実施例では標的材料送出機構としてステンレス製のガスジェットノズル101を用い、標的材料（クリプトン）を真空容器内に噴出させている。噴出されたKrはノズルに対向する位置に置かれている排気ポート104により効果的に真空容器外へ排気されている。真空容器内に残ったターゲットガスは真空容器付属の排気装置（不図示）により排気される。レーザーの入射方向は紙面に垂直方向で紙面の裏から表側に向けて入射している。レーザー装置（不図示）から放出されたパルスレーザー光はレンズ（不図示）によりノズル101の直上0.5mmの位置に集光され、プラズマ102を生成する。プラズマ102の形状はフィラメント状で、その大きさはレーザー光軸方向に約300 μ m、レーザー光軸と直交方向に約100 μ mである。また、プラズマ104はノズルの直上よりも、約500 μ m程度集光レンズ側に生成されている。

【0016】プラズマ102は放物面ミラー103の焦点に来るようにミラー103及びノズル101位置が決められている。プラズマ102から放出されたX線は多層膜がコートされた放物面ミラー103によって特定の波長のX線（例えば13nm）のみ反射され、平行光とされた後、ニッケル（Ni）メッシュによりサポートされている厚さ150nmのジルコニウム（Zr）薄膜からなる可視光カットX線透過フィルター110を透過して次段のX線光学系へと導かれている。このZr薄膜はホルダー111によって保持されている。放物面ミラー103の下部にはミラーを自身の回転対称軸のまわりに回転するためのリング状の超音波モーター105、ノズルの位置を決定、制御するための3軸直行ステージ106,107,108、及びノズルの傾きを制御するための傾斜ステージ109からなるステージ群が取り付けられている。各ステージはモーターにより真空容器外部から駆動できるようになっている。

【0017】本実施例では放物面ミラー103の位置や傾きを検出するために3つの半導体レーザーと3つのフォトダイオードのセットを用いている。半導体レーザー及びフォトダイオードは放物面ミラーの反射面側に配置されており、ミラーを反射したX線を遮らない位置に置かれている。また、半導体レーザーは各々互いに120°の角度をなすように置かれている。フォトダイオードも同様に各々互いに120°の角度をなすように置かれている。この様子をわかりやすいように図2(a)に示す。これは後段の光学系側から見た図である。半導体レーザー201から出たビームは放物面ミラー200の一点にあたり反射してフォトダイオード204に入射する。他の2つの半導体レーザー202,203に対しても同様にミラー面での反射した後、フォトダイオード205,206にそれぞれ入射す

る。半導体レーザーからの出射光が放物面ミラー200上に照射される点は互いに120°の角度をなしている。各フォトダイオードの受光面は図2(b)のように4つに分割されており、各々の受光面からの信号を取り出せるようになっている。フォトダイオードからの各信号はコンピュータ（制御装置の一つ）（不図示）に入力されている。ノズル位置や放物面ミラーや後段の光学系のアライメントが終了した状態でフォトダイオードからの全ての信号出力（3個×4面＝12本）をコンピュータ内の記憶装置に記憶する。これがこの系の初期状態となる。LPXの運転を開始した後、放物面ミラー103を超音波モーター105により回転させる。この時の回転速度はプラズマからの飛散粒子の付着速度に依存し、単位時間当たりの飛散粒子放出量が少なければ回転速度は遅くても良い。逆に付着速度が速ければ高速に回転させる必要がある。本実施例で使用しているガスジェットLPXは飛散粒子の放出量が少ない光源であるので、本実施例では1回転/時間で回転させている。回転中にミラーのアライメントがずれると半導体レーザーの反射光のフォトダイオード上での到達位置が変化する。その結果、各々のフォトダイオード内の4つの受光面から出力される値に変化が生じる。各フォトダイオード内の受光面の各出力値と初期状態の各受光面の値との差が許容範囲を超えたならば、アライメントがずれたと判断して、傾斜ステージ、直線ステージを駆動し、許容範囲内に納まる様にする。この時、各フォトダイオードの4つの受光面の信号変化から、どちらの方向にミラーがずれたかがわかるので、そのズレをキャンセルするように各ステージを駆動する。このようにすることにより、ミラーを回転させてもX線の光軸の変化を許容範囲内に収めることができ、後段の光学系に影響を与えることがない。また、飛散粒子放出の角度分布が不均一であったとしても、ミラー反射後のX線の軸対称性は損なわれることはない。

【0018】本実施例では同一チャンパー内にX線フィルター110が置かれている。このため、プラズマからの飛散粒子はこのフィルター110にも堆積する。飛散粒子の角度分布が非対称であればこのフィルター上にも非対称に堆積し、その結果、透過X線光束が非対称になってしまう。そこで、本実施例ではX線フィルターが取り付けられているホルダー111の外周部にリング状の超音波モーター112を取り付け、X線光束の中心軸の周りに回転するようになっている。この様にするにより、フィルターに堆積する飛散粒子量がX線光軸に関して軸対称となるので、透過X線光束の対称性は崩れない。なお、フィルターの場合多少回転軸がぶれていたとしても透過率の変化は極僅かなので、フィルターの位置検出器は取り付けられていない。フィルターを回転させることにより、フィルターの厚さのムラやフィルターを支えているメッシュなどのサポート部材による透過X線の光量ムラを緩和することができる。これは、軟X線縮小露光

装置などの多重露光を行う場合に特に効果的である。ミラー及びフィルターの回転速度は等速でも良いし、X線源の運転状況に応じて可変としても良い。また、回転方向は一方に回し続けても良いし、両方向に回転できるようにしても良い。

【0019】本実施例では放物面ミラーを用いたが、これは球面ミラーであっても良いし、回転楕円ミラーであってもよい。あるいは回転対称の非球面ミラーであっても良い。また、単一の基板でこれら球面、放物面、楕円面、非球面を形成しても良いし、複数のセグメントに分割された基板を一体化して、これらの面あるいはこれらに近似する面を形成するものであっても良い。

【0020】本実施例では4つに分割されたフォトダイオードを用いたが、分割数はこれに限らず2つでも3つでもさらに多くても良い。また、分割されていなくても良い。フォトダイオードの代わりに、フォトダイオードアレー等の1次元検出器やCCDなどの2次元検出器を用いても良い。

【0021】本実施例ではミラーの変位を測定するのにレーザーを用いているが、これに限らず、触針式変位計や渦電流センサー、超音波センサー、静電容量センサーなどどのような手法を用いて変位を測定しても良い。

【0022】ミラーの位置はプラズマに対してどの方向に配置しても良い。図3はX線源にDense Plasma Focus (DPF)と呼ばれる放電プラズマX線源をもちいた例である。この図ではDPFの電極部(アノード電極300、カソード電極301)のみを示しており、電源部は図示していない。この例では電極に対して横方向に多層膜放物面ミラー305が置かれている。この図ではミラーの駆動機構や、位置検出機構は省略してある。

【0023】平面ミラーの場合には法線方向を軸として回転させればよい。図4にガスジェットLPXを光源に用い、多層膜平面ミラーを使用した場合を示す。この場合、多層膜平面ミラー404は法線方向AAを軸として回転できるようになっている。この図でもミラーの駆動機構や、位置検出機構は省略してある。

【0024】上述の例では多層膜ミラーを用いていたが、全反射を利用した斜入射ミラーであってもよい。図5にDPFを光源に使用し斜入射回転放物面ミラー502を用いた例を示す。この図ではDPFの電極部(アノード電極500、カソード電極501)のみを示しており、電源部は図示していない。

【0025】本実施例では回転放物面の対象軸(BB)、すなわちX線の光軸を中心にミラーを回転するようになっている。この図でもミラーの駆動機構や、位置検出機構は省略してある。本実施例では回転放物面を用いているが、他に回転楕円面やこれらの面を組み合わせたミラー(ウォルターミラーなど)であっても良い。

【0026】上述の実施例におけるLPXにはガスジェットを用いたものを使用しているが、これはクラスター

や液体(液滴)、微粒子を用いたLPXであってもよい。また、LPXや放電プラズマX線源に用いられるターゲット材料はKrに限らず、キセノン(Xe)、二酸化炭素(CO₂)、リチウム(Li)などどんな物質であってもよく、また、これらの物質を含む混合物、化合物であっても良い。

【0027】また、上述の実施例では放電プラズマX線源としてDPFを用いているが、これは他のどんな形態の放電プラズマX線源であってもよい。例えば、Zピンチプラズマやキャピラリー放電プラズマなどであっても良い。

【0028】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、プラズマから輻射されたX線が最初に入射する光学素子またはプラズマ近傍に置かれている光学素子を回転させる手段を有しているため、プラズマから飛散粒子が不均一な空間分布で放出されたとしても、光学素子上には軸対称に飛散粒子が堆積する。その結果、光学素子を反射あるいは透過したX線束の軸対称性は維持される。従って、軸対称なX線束の入射が要求される光学系においては、X線源を長時間運転しても光学系の性能を低下させることがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例である。

【図2】 図1のミラー部の詳細図(a)とフォトダイオードの詳細図(b)である。

【図3】 本発明の第2の実施例である。

【図4】 本発明の第3の実施例である。

【図5】 本発明の第4の実施例である。

【図6】 本発明の形態を示す概略図である。

【図7】 フライアイミラーの構造の一例(a)及びX線照明光学系の一例(b)である。

【主要部分の符号の説明】

100…真空容器、101…ノズル、102…プラズマ、103…回転放物面多層膜ミラー、104…排気ポート、105…超音波モーター、106…X軸直線ステージ、107…Y軸直線ステージ、108…Z軸直線ステージ、109…傾斜ステージ、110…可視光カットX線透過フィルター、111…フィルターホルダー、112…超音波モーター、113…パルスバルブ、200, 201, 202…半導体レーザー、204, 205, 205…フォトダイオード、300…アノード電極、301…カソード電極、304…プラズマ、305…回転放物面多層膜ミラー、400…ノズル、401…パルスバルブ、402…プラズマ、403…レーザー光、404…多層膜平面ミラー

500…アノード電極、
 ソード電極、502…斜入射回転放物面ミラー、
 503…ビームストッパー、504…プラズマ
 600…ノズル、601…パ
 ルスバルブ、602…レーザー光、
 603…プラズマ、604…回転放物面多層膜ミラ
 ー、605…回転駆動装置、606、607…
 ゴニオステージ、608…Z軸直線ステージ、
 609…Y軸直線ステージ、610…X*

501…カ

* 軸直線ステージ、611…反射X線、

612、613…接触式変位センサ

700…フライアイミラー、

701…単

位反射体、702…平行X線束、

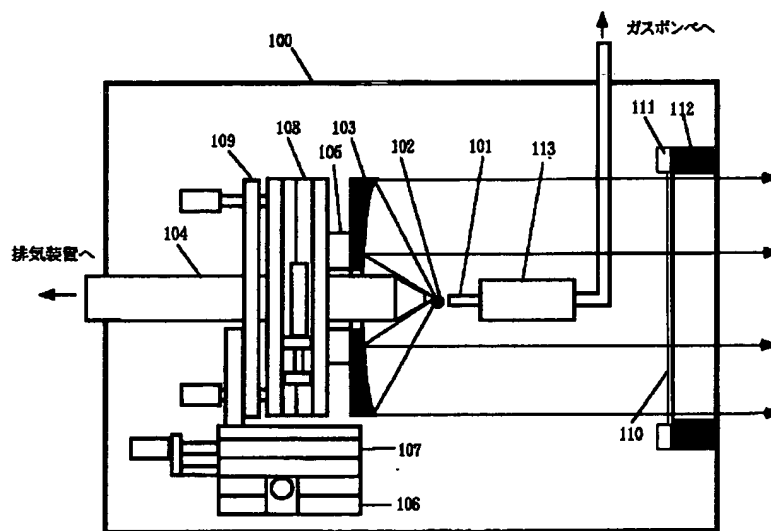
703、704…フライアイミラー、705…集光ミラ
 ー、706…平面ミラー、707

…マスク、

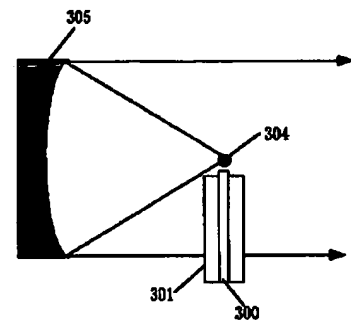
708…縮小投影

光学系、709…シリコンウェハー

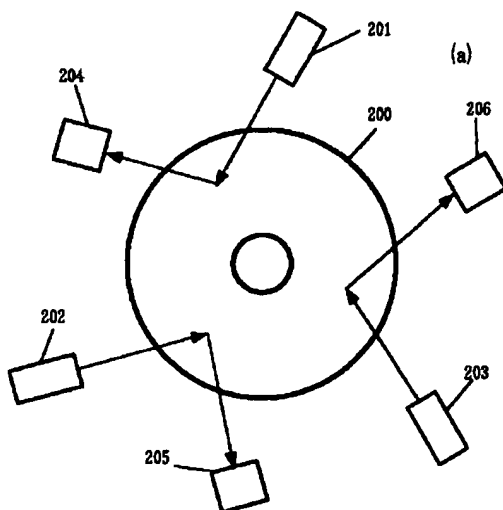
【図1】



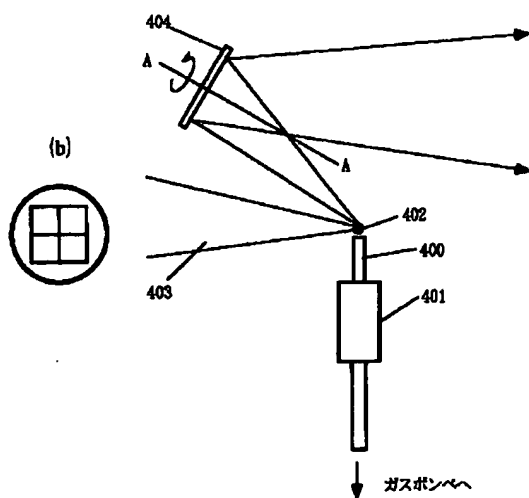
【図3】



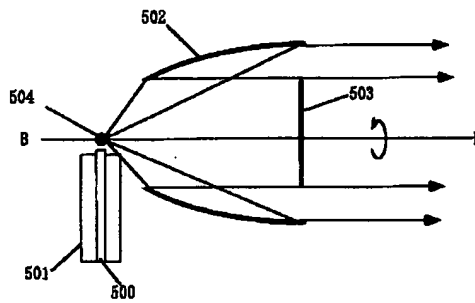
【図2】



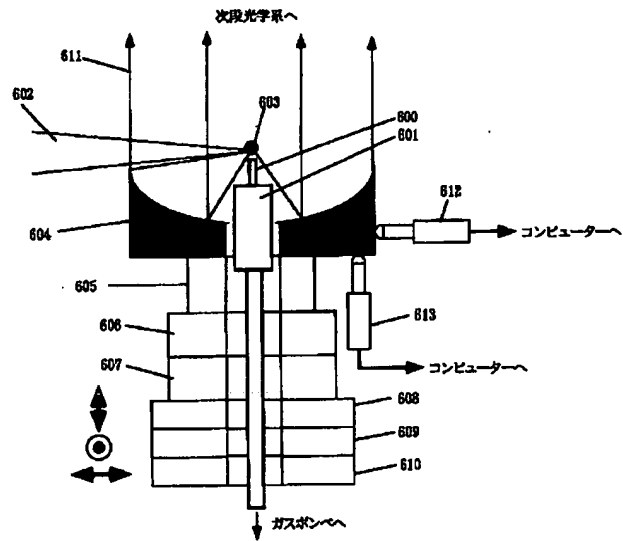
【図4】



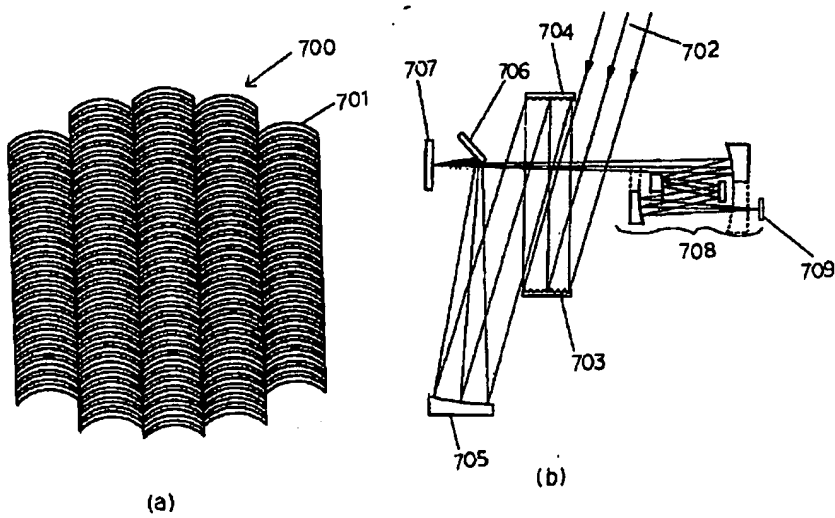
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
G 2 1 K 5/02

識別記号

F I
H 0 5 G 1/00

テーマコード(参考)
K

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-267096

(43)Date of publication of application : 28.09.2001

(51)Int.Cl. H05G 2/00

G21K 1/00

G21K 1/06

G21K 5/02

(21)Application number : 2000-084941 (71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 24.03.2000 (72)Inventor : KONDO HIROYUKI

(54) X-RAY GENERATING EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a degradation of an optical element by scattering particles symmetrical with an optic axis.

SOLUTION: In an X-ray light source using a laser plasma, or an X-ray light source using an electric discharge plasma, some fragments of a target material or an equipment adheres to a surface of a latter optical element, and the optical characteristic is degraded. Although a distribution of an amount of light incident in a fly eye is necessary to be symmetrical with the optic axis especially when the light source is used as the light source of an X-ray reduction exposure system, the above degradation does not become symmetrical with the optic axis. So, in order to make the degradation of the optical element due to the scattering particles to be symmetrical with the optic axis, the

optical element which receives the scattering particle is made to rotate around the optic axis as a center.

LEGAL STATUS [Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The X-ray generator using the X-ray which plasma-izes this target ingredient and is radiated from this plasma by condensing into the target ingredient in the container which had pulse laser light decompressed (below)

The X-ray generator using the X-ray which plasma-izes a target ingredient by discharge and is radiated from this plasma or it is referred to as a laser plasma X line source and LPX (below) It sets to call it a discharge plasma X line source.

The X-ray generator with which the optical element placed into the vacuum housing including the optical element or this plasma in which the X-ray radiated from this plasma carries out incidence first is characterized by providing the device rotated centering on the symmetry axis of rotation inversion of this optical element, or the optical axis of an X-ray.

[Claim 2] The X-ray generator characterized by having a detection means to detect the location of said optical element, in an X-ray generator according to

claim 1, and having the control means and drive with which it is made for said optical element to always become a position based on the signal from this detector.

[Claim 3] The X-ray generator characterized by being the multilayers mirror or oblique incidence mirror which said optical element the X-ray from said plasma carries out [an optical element] incidence first becomes from the spherical surface, paraboloid of revolution, an ellipsoid of revolution, the symmetry-of-revolution aspheric surfaces, or these compound sides in an X-ray generator claim 1 and given in two.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is used as an X line source of X-ray devices, such as an X-ray microscope, an X-rays spectroscopic analyzer, and an X-ray aligner, and relates to a suitable X-ray generator.

[0002]

[Description of the Prior Art] Pulse laser light is condensed on the target ingredient placed into the vacuum housing, a target ingredient is plasma-ized, and the laser plasma X line source (below, referred to as LPX) using the X-ray radiated from this plasma has brightness to the extent that it is equal to an undulator, though it is small. Moreover, X line source using the discharge (PDF) plasma of Dense Plasma Focus etc. is small, there is much X dosage, and the

conversion efficiency to the X-ray to injection power is high compared with LPX, and it is low cost. For this reason, LPX and a discharge plasma X line source attract attention in recent years as light sources of X-ray devices, such as an X-rays spectroscopic analyzer and an X-ray aligner.

[0003] In LPX or a discharge plasma X line source, a target ingredient serves as an atom, and the shape of ion and a fragment (below, these are called scattering particle) the plasma and near the plasma again, and the member near the plasma is emitted to a perimeter. These scattering particle is adhered and deposited on the X-ray optics component put on the perimeter of the plasma, the engine performance (a reflection factor, permeability, etc.) of an optical element is degraded, or damage is done to an optical element by colliding with an optical element. For this reason, it is how one of the technical problems for putting LPX and a plasma X line source in practical use reduces scattering particle weight.

[0004] In order to reduce the problem of a scattering particle , the approach of irradiate laser light be use for the cluster which it be made to blow off from a nozzle using the matter which be a gas in ordinary temperature as a target ingredient (for example , nitrogen , a carbon dioxide , a krypton , a xenon , etc.) , and be generated by the gas or adiabatic expansion of these target ingredients

in LPX . Since these target ingredients are gases in ordinary temperature and they are not deposited on an optical element, the engine performance of an optical element is not degraded. However, the fragment with which the atom, ion, or electron of the high speed emitted from the plasma shaved these off by colliding with a nozzle or the member near the nozzle, and was shaved off disperses around, and accumulates on an optical element. For this reason, as for LPX of zero, the scattering particle is not realized yet completely.

[0005] On the other hand, although an electrode material is formed with high-melting [like a tungsten or a tantalum], and the ingredient of a high degree of hardness or it is devising reducing operating voltage etc. in the discharge plasma X line source in order to reduce scattering particle weight, it has come to make scattering particle weight into zero completely.

[0006] Moreover, a scattering particle is not necessarily emitted isotropic and is emitted with a certain angular distribution. For example, in LPX using a gas jet, scattering particle weight increases as there is little scattering particle weight in the jet direction of gas and the include angle from a jet shaft becomes large.

[0007] The illumination-light study system using the fly eye mirror which collected the element mirrors of the shape of radii shown to drawing 7 (a) that

the X-ray intensity distribution on a mask becomes fixed as an illumination-light study system of an X-ray contraction aligner is proposed (JP,11-312638,A). (drawing 7 (b)) When using such a fly eye mirror and the incidence X-ray has X-ray intensity symmetrical with a shaft to the medial axis of a fly eye mirror, the reflected light from each element mirror compensates mutually, and suits, and the intensity distribution on a mask become fixed. However, to the medial axis of a fly eye mirror, an incidence X-ray cannot complement nonuniformity on the strength, when unsymmetrical, but the intensity distribution on a mask serve as an ununiformity.

[0008] Since the angular distribution of the X-ray radiated from a gas jet LPX generally serves as the symmetry of revolution about to a blow-of-gas shaft, if the paraboloid of revolution which sets a revolving shaft as a blow-of-gas shaft is arranged on a blow-of-gas shaft, the X-ray which reflected the paraboloid-of-revolution mirror becomes the collimated beam which had almost symmetrical intensity distribution about the revolving shaft (blow-of-gas shaft), and can form the X-ray beam suitable for the above-mentioned illumination-light study system. However, the angular distribution of scattering particle emission does not necessarily grow into symmetrical angular distribution with the location

of the plasma and nozzle (in the case of a gas jet LPX) which are generated, or an electrode (in the case of a discharge plasma X line source). Therefore, if a long duration X line source is operated, when a scattering particle deposits asymmetrically to the revolving shaft of an optical element, at the time of a start up, it will change to distribution with the unsymmetrical X-ray intensity distribution which was the symmetry of revolution. Nonuniformity will arise in distribution of the X-ray which illuminates a mask top after long duration operation, and it will become impossible for this reason, to imprint a mask pattern correctly on a wafer.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By having been made in view of the trouble of such a conventional technique, and providing the device in which an optical element is rotated centering on X linear-light shaft, also when the angular distribution of scattering particle emission uses unsymmetrical X line source, the coating weight of the scattering particle on an optical element comes to become the symmetry of revolution, and this invention can maintain the symmetry-of-revolution nature of the intensity distribution of reflection or a transparency X-ray beam. Consequently, also after operating for a long time, the

X-ray intensity distribution on a mask is still uniform, and can imprint a pattern on a wafer correctly.

[0010]

[Means for Solving the Problem] This invention therefore, by condensing into the target ingredient in the container which had "pulse laser light decompressed in the first place The X-ray generator using the X-ray which plasma-izes this target ingredient and is radiated from this plasma (below) The X-ray generator using the X-ray which plasma-izes a target ingredient by discharge and is radiated from this plasma or it is referred to as a laser plasma X line source and LPX (below) The optical element placed into the vacuum housing including the optical element or this plasma in which the X-ray which set to call it a discharge plasma X line source, and was radiated from this plasma carries out incidence first The X-ray generator (claim 1) characterized by providing the device rotated centering on the symmetry axis of rotation inversion of this optical element or the optical axis of an X-ray" is offered. Since distribution of the coating weight of the scattering particle on an optical element will serve as an axial object even if scattering particle emission angular distribution is unsymmetrical by doing in this way, the intensity distribution of the X-ray beam reflected, penetrated or

diffracted serve as an axial object.

[0011] Moreover, this invention provides the second with "the X-ray generator (claim 2) characterized by having a detection means to detect the location of said optical element, in an X-ray generator according to claim 1, and having the control means and drive with which it is made for said optical element to always become a position based on the signal from this detector." Blurring of the optical axis of the X-ray beam produced during rotation of an optical element can be dedicated in tolerance by doing in this way.

[0012] Moreover, this invention provides the third with "the X-ray generator (claim 3) characterized by being the multilayers mirror or oblique incidence mirror which said optical element the X-ray from said plasma carries out [an optical element] incidence first becomes from the spherical surface, paraboloid of revolution, an ellipsoid of revolution, the symmetry-of-revolution aspheric surfaces, or these compound sides in an X-ray generator claim 1 and given in two." By using optical elements, such as a spherical-surface mirror, a paraboloid-of-revolution mirror, and a rotation ellipse mirror, X-rays can be collected efficiently and it can lead to latter optical system.

[0013]

[The mode of implementation of invention] This target matter is plasma-ized by condensing into the target ingredient in the container which had pulse laser light decompressed, the X-rays radiated from this X line source are collected in the X-ray generator concerning this invention (claims 1-3) using the X-ray which plasma-izes a target ingredient by the X-ray or discharge radiated from this plasma, and is radiated from this plasma, and the X-ray-optics component for leading to latter optical system is used.

[0014] The gestalt of invention is concretely explained using drawing 6 . In drawing 6 , the laser light 602 is irradiated by the target gas which LPX is used as an X line source, and the gas target ingredient is blowing off from the nozzle 600 at the supersonic speed, and blew off, the plasma 603 is generated, and the X-ray is generated. The generated X-ray serves as almost uniform intensity distribution in a horizontal plane (inside of a field parallel to laser plane of incidence). Then, the paraboloid-of-revolution mirror 604 which has a focus in a plasma production location has been arranged as shown in drawing, the X-ray emitted from the plasma was reflected, and it has led to the optical system of the next step as the parallel flux of light 611 with intensity distribution symmetrical with a shaft. Multilayers are produced by the paraboloid-of-revolution mirror 604

so that the X-ray of predetermined wavelength may be reflected, and the cycle length of multilayers is changed so that a reflection factor may become max in each point on a mirror. The symmetry axis of rotation inversion of this paraboloid-of-revolution mirror is arranged so that it may pass through the location of the plasma, and it is the same. [of the revolving shaft of a mirror and the optical axis (symmetry axis of X line source) of an X-ray] The driving gear 605 is attached so that this paraboloid mirror can be rotated around an own symmetry axis of rotation inversion. Furthermore, this driving gear 605 is attached on the straight-line stage 608,609,610 which intersects perpendicularly with the GONIO stage 606,607 which intersects perpendicularly mutually mutually. (An example of a driving gear) . The displacement sensor 612,613 of a contact process is attached in the direction which intersects perpendicularly mutually [the side face of the paraboloid-of-revolution mirror 604, and a rear face]. (In space, since another direction is perpendicularly, it is not illustrated.)

An example of location detection equipment. Parallel and a perpendicular have come out of the side face and rear face of the paraboloid-of-revolution mirror 604 in a high precision to the symmetry axis of rotation inversion of a paraboloid-of-revolution mirror. The output of each displacement sensor is

inputted into the computer (un-illustrating, an example of a control unit). If a revolving shaft blurs while rotating the paraboloid-of-revolution mirror 604, a displacement sensor will detect a gap of the location of a mirror, and when a computer judges that the amount of gaps had exceeded tolerance, a GONIO stage or/and a straight-line stage are driven, and it is made for a mirror location to be settled in tolerance. Thus, by having location detection, controlling mechanism, and drive of a mirror, even if it rotates a mirror, the variation rate of X linear-light shaft which always reflected the mirror is settled in tolerance, and does not affect latter optical system. Supposing the precision of a mirror rolling mechanism is high and the axial blurring is settled in the include-angle breadth of the flux of light permitted by optical system, an above-mentioned mirror location detection device, a controlling mechanism, and a drive are good for there to be nothing. Hereafter, although an example explains this invention concretely, this invention is not limited to these examples.

[0015]

[Example] The example of this invention is shown in Fig. 1. The laser plasma X line source is used in this example. With evacuation equipment (un-illustrating), the inside of a container 100 is exhausted, and laser light carries out aerial

discharge on the way, or it is decompressed by even pressure which the X-ray radiated from the plasma is absorbed and is not decreased remarkably. The target ingredient (krypton) is made to blow off in a vacuum housing using the gas-jet nozzle 101 made from stainless steel as a target ingredient transmitting mechanism in this example. Kr which blew off is effectively exhausted out of the vacuum housing by the exhaust air port 104 established in the location which counters a nozzle. The target gas which remained in the vacuum housing is exhausted by the exhaustor (un-illustrating) of vacuum housing attachment. The direction of incidence of laser is perpendicular to space, and is carrying out incidence towards the side front from the flesh side of space. It is condensed by the location of the 0.5mm right above of a nozzle 101 with a lens (un-illustrating), and the pulse laser light emitted from laser equipment (un-illustrating) generates the plasma 102. The configuration of the plasma 102 is a filament-like and the magnitude is about 100 micrometers in the direction of a laser optical axis at about 300 micrometers, a laser optical axis, and the rectangular direction. Moreover, about 500 micrometers of plasma 104 are generated rather than right above [of a nozzle] at the condenser lens side.

[0016] Mirror 103 and nozzle 101 location is decided that the plasma 102 comes

to the focus of the paraboloid mirror 103. the plasma -- 102 -- from -- emitting --
having had -- an X-ray -- multilayers -- a coat -- carrying out -- having had -- a
paraboloid -- a mirror -- 103 -- specification -- wavelength -- an X-ray (for
example, 13nm) -- only -- reflecting -- having -- parallel -- light -- ** -- carrying out
-- having had -- after -- nickel -- (-- nickel --) -- a mesh -- supporting -- having --
**** -- thickness -- 150 -- nm -- a zirconium -- (-- Zr --) -- a thin film -- from --
becoming -- the light -- a cut -- radioparency -- a filter -- 110 -- penetrating -- the
next step -- X-ray optics -- a system -- leading -- having -- **** . This Zr thin film is
held with the electrode holder 111. The stage group which becomes the lower
part of the paraboloid mirror 103 from the inclination stage 109 for controlling 3
shaft direct stage 106,107,108 for determining and controlling the ultrasonic
motor 105 of the shape of a ring for rotating a mirror around an own symmetry
axis of rotation inversion and the location of a nozzle and the inclination of a
nozzle is attached. Each stage can be driven now from the vacuum housing
outside by the motor.

[0017] In this example, in order to detect the location and inclination of the
paraboloid mirror 103, the set of three semiconductor laser and three
photodiodes is used. Semiconductor laser and a photodiode are arranged at the

reflector side of a paraboloid mirror, and are put on the location which does not interrupt the X-ray which reflected the mirror. Moreover, semiconductor laser is placed so that the include angle of 120 degrees may be made mutually respectively. It is placed so that a photodiode may make the include angle of 120 degrees mutually respectively similarly. It is indicated to drawing 2 (a) that this situation is intelligible. This is drawing seen from the latter optical-system side. It reflects in one point of the paraboloid mirror 200, and incidence of the beam which came out of semiconductor laser 201 is carried out to a photodiode 204. After reflecting by that of a mirror side similarly to other two semiconductor laser 202,203, incidence is carried out to a photodiode 205,206, respectively. As for the point that the outgoing radiation light from semiconductor laser is irradiated on the paraboloid mirror 200, the include angle of 120 degrees is made mutually. The light-receiving side of each photodiode is divided into four like drawing 2 (b), and can take out now the signal from each light-receiving side. Each signal from a photodiode is inputted into the computer (one of the control units) (un-illustrating). Where the alignment of the optical system of a nozzle location, a paraboloid mirror, or the latter part is completed, all the signal outputs (three pieces x the 4th page = 12) from a photodiode are memorized to the storage in a

computer. This will be in the initial state of this system. After starting operation of LPX, the paraboloid mirror 103 is rotated by the ultrasonic motor 105. Rotational speed may be slow as long as the rotational speed at this time has few scattering particle burst sizes per unit time amount depending on the sticking rate of the scattering particle from the plasma. Conversely, if a sticking rate is quick, it is necessary to rotate a high speed. Since the gas jet LPX currently used by this example is the light source with few burst sizes of a scattering particle, it is made to rotate by 1 rotation / time amount at this example. If the alignment of a mirror shifts during rotation, the attainment location on the photodiode of the reflected light of semiconductor laser will change. Consequently, change arises in the value outputted from four light-receiving sides in each photodiode. If the difference of each output value of the light-receiving side in each photodiode and the value of each light-receiving side of an initial state exceeds tolerance, it will judge that alignment shifted, an inclination stage and a straight-line stage will be driven, and it will be made to be settled in tolerance. Since signal change of each photodiode of four light-receiving sides shows in the which direction the mirror shifted at this time, each stage is driven so that that gap may be canceled. By doing in this way,

even if it rotates a mirror, change of the optical axis of an X-ray can be stored in tolerance, and latter optical system is not affected. Moreover, even if the angular distribution of scattering particle emission is uneven, the axial symmetry nature of the X-ray after mirror reflection is not spoiled.

[0018] In this example, X-ray filter 110 is placed into the same chamber. For this reason, the scattering particle from the plasma is deposited also on this filter 110. If the angular distribution of a scattering particle is unsymmetrical, it will deposit asymmetrically also on this filter, consequently a transparency X linear-light bundle will become unsymmetrical. So, in this example, the ring-like ultrasonic motor 112 is attached in the periphery section of the electrode holder 111 with which the X-ray filter is attached, and it rotates around the medial axis of X linear-light bundle. Since the scattering particle weight deposited on a filter by making it this appearance serves as axial symmetry about X linear-light shaft, the symmetric property of a transparency X linear-light bundle does not collapse. In addition, though the revolving shaft has blurred somewhat in the case of the filter, since change of permeability is very slight, the position transducer of a filter is not attached. By rotating a filter, the quantity of light nonuniformity of the transparency X-ray by support members, such as a mesh supporting the

nonuniformity and the filter of thickness of a filter, can be eased. This is effective especially when performing multiplex exposure of a soft-X-ray contraction aligner etc. Uniform velocity is sufficient as the rotational speed of a mirror and a filter, and it is good also as adjustable according to the operation situation of X line source. Moreover, turning a hand of cut to an one direction may be continued, and you may enable it to rotate it in both directions.

[0019] Although the paraboloid mirror was used in this example, this may be a spherical-surface mirror and may be a rotation ellipse mirror. Or you may be the aspheric surface mirror of the symmetry of revolution. Moreover, these spherical surfaces, a paraboloid, ellipsoid, and the aspheric surface may be formed with a single substrate, the substrate divided into two or more segments may be unified, and the field approximated to these field or these may be formed.

[0020] Although the photodiode divided into four was used in this example, the number of partitions may have not only this but still more two or at least three. Moreover, it does not need to be divided. Instead of a photodiode, two-dimensional detectors, such as 1-dimensional detectors, such as a photodiode array, and CCD, may be used.

[0021] Although laser is used for measuring the variation rate of a mirror in this

example, a variation rate may be measured using what kind of technique, such as not only this but a sensing-pin type displacement gage, an eddy current sensor, a supersonic sensor, and an electrostatic-capacity sensor.

[0022] The location of a mirror may be arranged in any direction to the plasma.

Drawing 3 is the example which was with the discharge plasma X line source called Dense Plasma Focus (DPF) to X line source. In this drawing, only the polar zone (the anode electrode 300, cathode electrode 301) of DPF is shown, and the power supply section is not illustrating. In this example, the multilayers paraboloid mirror 305 is put on the longitudinal direction to the electrode. The drive and location detection device of a mirror are omitted in this drawing.

[0023] What is necessary is just to rotate the direction of a normal as a shaft in the case of a flat-surface mirror. A gas jet LPX is used for the light source at drawing 4 , and the case where a multilayers flat-surface mirror is used is shown.

In this case, the multilayers flat-surface mirror 404 can rotate the direction AA of a normal now as a shaft. The drive and location detection device of a mirror are omitted even in this drawing.

[0024] Although the multilayers mirror was used in the above-mentioned example, you may be an oblique incidence mirror using total reflection. The

example using the oblique incidence paraboloid-of-revolution mirror 502 is shown in the light source at drawing 5 using DPF. In this drawing, only the polar zone (the anode electrode 500, cathode electrode 501) of DPF is shown, and the power supply section is not illustrating.

[0025] In this example, a mirror is rotated centering on the object shaft of paraboloid of revolution (BB), i.e., the optical axis of an X-ray. The drive and location detection device of a mirror are omitted even in this drawing. Although paraboloid of revolution is used in this example, you may be the mirrors (WORUTA mirror etc.) which otherwise combined ellipsoids of revolution and these fields.

[0026] Although what used the gas jet is used for LPX in an above-mentioned example, this may be LPX which used the cluster, the liquid (drop), and the particle. Moreover, not only Kr but a xenon (Xe), a carbon dioxide (CO₂), a lithium (Li), etc. may be what kind of matter, and the target ingredient used for LPX or a discharge plasma X line source may be the mixture and the compound containing these matter.

[0027] Moreover, although DPF is used as a discharge plasma X line source in the above-mentioned example, this may be the discharge plasma X line source

of what kind of other gestalten. For example, you may be Z pinch plasma, the capillary tube discharge plasma, etc.

[0028]

[Effect of the Invention] Since it has a means to rotate the optical element placed [near / as for which the X-ray radiated from the plasma carries out incidence first / an optical element or near the plasma], even if a scattering particle is emitted by uneven spatial distribution from the plasma as mentioned above according to this invention, on an optical element, a scattering particle deposits at axial symmetry. Consequently, the axial symmetry nature of the X-ray beam which reflected or penetrated the optical element is maintained. Therefore, in the optical system as which the incidence of an X-ray beam symmetrical with a shaft is required, even if it carries out long duration operation of the X line source, the engine performance of optical system is not reduced.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the example of this invention.

[Drawing 2] They are the detail drawing (a) of the mirror section of drawing 1 ,
and the detail drawing (b) of a photodiode.

[Drawing 3] It is the 2nd example of this invention.

[Drawing 4] It is the 3rd example of this invention.

[Drawing 5] It is the 4th example of this invention.

[Drawing 6] It is the schematic diagram showing the gestalt of this invention.

[Drawing 7] They are an example (a) of the structure of a fly eye mirror, and an example (b) of an X-ray illumination-light study system.

[Description of Notations in the Main Part]

100 -- Vacuum housing, 101 -- A nozzle, 102 -- Plasma, 103 -- A paraboloid-of-revolution multilayers mirror, 104 -- Exhaust air port, 105 -- An ultrasonic motor, 106 -- X-axis straight-line stage, 107 -- A Y-axis straight-line stage, 108 -- Z-axis straight-line stage 109 [-- A filter holder, 112 / -- Ultrasonic motor / 113 -- Pulse bulb] -- An inclination stage, 110 -- A light cut radioparency filter, 111

200,201,202 -- Semiconductor laser, 204,205,205 -- Photodiode

300 -- Anode electrode 301 [305 -- Paraboloid-of-revolution multilayers mirror] -- A cathode electrode, 304 -- Plasma

400 -- Nozzle 401 [403 -- Laser light, 404 -- Multilayers flat-surface mirror] -- A pulse bulb, 402 -- Plasma

500 -- Anode electrode 501 [503 -- A beam stopper 504 -- Plasma] -- A cathode electrode, 502 -- Oblique incidence paraboloid-of-revolution mirror

600 -- Nozzle 601 [603 / 605 / 608 / 610 / 612,613 -- Contact process displacement sensor / -- An X-axis straight-line stage, 611 -- Reflected X-rays / --

A Z-axis straight-line stage, 609 -- Y-axis straight-line stage / -- A rotation driving gear, 606,607 -- GONIO stage / -- The plasma 604 -- Paraboloid-of-revolution multilayers mirror] -- A pulse bulb, 602 -- Laser light

700 -- Fly eye mirror 701 [703,704 / 706 / 708 -- Contraction projection optics, 709 -- Silicon wafer / -- A flat-surface mirror, 707 -- Mask / -- A fly eye mirror 705 -- Condensing mirror] -- A unit reflector, 702 -- Parallel X-ray beam

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.